



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 128 647⁽¹³⁾ C1
(51) МПК⁶ C 07 C 407/00, 409/08

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 98105055/04, 24.03.1998

(46) Дата публикации: 10.04.1999

(56) Ссылки: CS 196648 B1, 15.11.81. SU 259884 A, 22.12.69. SU 374285 A, 20.03.73. US 4262143 A, 14.04.81. US 5032688 A, 16.07.91. CN 437280 F, 30.11.67.

(98) Адрес для переписки:
423550, Татарстан, Нижнекамск, АО
"Нижнекамскнефтехим", Начальнику патентного
отдела Т.М.Посадской

(71) Заявитель:
Акционерное общество "Нижнекамскнефтехим"

(72) Изобретатель: Галимзянов Р.М.,
Белокуров В.А., Петухов А.А., Галиев
Р.Г., Серебряков Б.Р., Зуев В.П., Мустафин
Х.В., Лемаев Н.В., Нургалиев Н.С., Васильев
И.М.

(73) Патентообладатель:
Акционерное общество "Нижнекамскнефтехим"

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОПЕРОКСИДА ЭТИЛБЕНЗОЛА

(57) Реферат:

Изобретение относится к нефтехимической промышленности и может быть использовано в процессе совместного получения окиси пропилена и стирола. Цель изобретения: повышение селективности образования гидропероксида этилбензола. Поставленная цель достигается способом жидкофазного каталитического окисления этилбензола до гидропероксида этилбензола при повышенной температуре кислородсодержащим газом в присутствии в качестве катализатора смеси соединений металлов постоянной валентности 1а и/или 2а групп 3-го и/или 4-го периодов и переменной валентности 7 и/или 8 групп 4-го периода системы Менделеева, взятых в суммарном количестве в расчете на металл 0,0001 - 0,0031 мас. % при суммарном весовом

соотношении металлов постоянной валентности к металлам переменной валентности, равном 300-1:1-100. Катализатор может быть предварительно обработан при температуре 0-150°C кислород- и/или азотсодержащим органическим соединением, и/или перекисным соединением, и/или озоном. В качестве кислородсодержащих органических соединений используют органическую гидроперекись, кетон, спирт, карбоновую кислоту или их смесь, а в качестве азотсодержащего органического соединения используют основание Манниха, оксихинолин-, алкил- диалкилгидроксиламин или их смеси. Окисление проводят в каскаде из 3-5 реакторов при температуре 110-160°C. Катализатор может быть введен в реактор с возвратным этилбензолом. 4 з.п.ф-лы.

RU 2 128 647 C1

RU 2 128 647 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 128 647** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁶ **C 07 C 407/00, 409/08**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 98105055/04, 24.03.1998

(46) Date of publication: 10.04.1999

(98) Mail address:
423550, Tatarstan, Nizhnekamsk, AO
"Nizhnekamskneftekhim", Nachal'niku
patentnogo otdela T.M.Posadskoj

(71) Applicant:
Aktionernoe obshchestvo
"Nizhnekamskneftekhim"

(72) Inventor: Galimzjanov R.M.,
Belokurov V.A., Petukhov A.A., Galiev
R.G., Serebrjakov B.R., Zuev V.P., Mustafin
Kh.V., Lemaev N.V., Nurgaliev N.S., Vasil'ev I.M.

(73) Proprietor:
Aktionernoe obshchestvo
"Nizhnekamskneftekhim"

(54) **ETHYLBENZENE HYDROPEROXIDE PRODUCTION PROCESS**

(57) Abstract:

FIELD: petrochemical industry.
SUBSTANCE: invention is intended for use in combined propylene oxide-styrene production process. Invention consists in subjecting ethylbenzene to liquid-phase catalytic oxidation into ethylbenzene hydroperoxide at elevated temperature with oxygen-containing gas in presence of, as catalyst, mixture of compounds of constant-valence metals from 3rd and/or 4th periods of 1a and/or 2a groups or variable-valence metals from 4th period of 7 and/or group, summary amount of metals being 0.0001-0.0031% (calculated as metals) and ratio of summary amount of constant-valence metals to that of

variable-valence metals ranging from 300:1 to 1: 100. Catalyst can be pretreated at 0 to 150 C with oxygen- and/or nitrogen-containing organic compound, and/or peroxide compound, and/or ozone. Oxygen-containing organic compound may be organic hydroperoxide, ketone, alcohol, carboxylic acid, or their mixture, and nitrogen-containing organic compound may be Mannich base, hydroxyquinoline, alkyl- and dialkylhydroxylamine, or their mixtures. Oxidation is carried out in series of 3-5 reactors at 110-160 C. Catalyst can be introduced into reactor with recycling ethylbenzene. EFFECT: increased selectivity of process. 5 cl, 16 ex

RU 2 128 647 C1

RU 2 128 647 C1

Изобретение относится к нефтехимической промышленности и может быть использовано в процессе совместного получения окиси пропилена и стирола.

Известно, что гидроперекиси алкилароматических углеводородов получают окислением соответствующего углеводорода при повышенной температуре в присутствии щелочных добавок и инициатора окисления с последующим выделением целевого продукта известными приемами (авт. св. СССР 259884, кл. С 07 С 179/035 А, опубл. 22.12.69 и Бюл. N 3, 1979).

Для повышения селективности процесса окисления проводят в присутствии катализатора - хромоникелевой стали, содержащей хром, никель, титан, марганец и др. При этом катализатором могут служить реактор или насадка в виде колец или стружек из указанной стали. Недостатками данного способа являются низкая скорость накопления продуктов окисления и значительное содержание карбоновых кислот в оксидате и, как следствие, значительные потери окиси пропилена на стадии эпоксидирования пропилена гидропероксидом этилбензола.

Наиболее близким способом получения органических гидроперекисей является способ окисления алкилароматических углеводородов молекулярным кислородом в жидкой фазе в присутствии катализатора. Реакцию окисления также термически инициируют малоустойчивыми соединениями, например, перекисями или гидроперекисями (авт. св. СССР N 196648, кл. С 07 С 179/02, опубл. 15.11.81).

Для повышения селективности образования гидропероксида этилбензола, предлагается способ жидкофазного каталитического окисления этилбензола до гидропероксида этилбензола при повышенной температуре кислородосодержащим газом в присутствии в качестве катализатора смеси соединений металлов постоянной валентности 1а и/или 2а групп 3-его и/или 4-го периодов и переменной валентности 7b и/или 8b групп 4-го периода системы Менделеева, взятых в суммарном количестве в расчете на металл 0,0001 - 0,0031 мас.% при суммарном весовом соотношении металлов постоянной валентности к металлам переменной валентности, равном 300 - 1 : 1 - 100. Возможно проведение предварительной обработки катализатора при 0 - 150°C кислород и/или азотсодержащим органическим соединением, и/или перекисным соединением, и/или кислородом, и/или озоном. В качестве кислородсодержащих органических соединений используют органическую гидроперекись, кетон, спирт, карбоновую кислоту или их смесь, а в качестве азотсодержащего органического соединения используют основание Манниха, оксихинолин-, алкил-диалкилгидроксиламины или их смеси. Окисление проводят в каскаде из 3-5 реакторов при температуре 110-160°C. Катализатор подают с возвратным этилбензолом.

В качестве соединений, содержащих в своем составе металлы постоянной валентности и металлы переменной валентности, могут быть использованы самые разнообразные неорганические и/или

органические соединений, однако наиболее предпочтительными являются окислы, гидроокиси, хлориды, сульфаты, сульфиты, сульфиды, нитриды, нитраты, или их смеси, алколяты, феноляты, гликоляты, дикетонаты и карбоксилаты, полученные на основе мон-, ди- и поликарбоновых алифатических, ароматических и алициклических карбоновых кислот или их смесей. Катализатор может быть использован в виде растворов, суспензий или эмульсий соединений указанных металлов в исходной шихте, подаваемой на окисление, и/или в растворах, содержащих все возможные кислородсодержащие соединения, такие как вода, спирты, пероксиды и гидропероксиды, кетоны, простые и сложные эфиры или их смеси. В случае осуществления процесса окисления в каскаде реакторов или в секционированном реакторе катализатор окисления может подаваться в одном потоке с сырьем, начиная с первого реактора или первой его секции, или в каждый реактор или секцию в отдельности. Предварительная обработка катализатора органическими кислородсодержащими соединениями, такими как, например, органические гидроперекиси, кетоны, спирты, органические кислоты или простые или сложные эфиры в присутствии органического или неорганического азотсодержащего соединения и/или молекулярным кислородом и/или озоном в интервале температур 0-150 °C позволяет получить дополнительный эффект по повышению селективности и скорости образования гидропероксида за счет перевода катализатора в активный комплекс.

Осуществление процесса в указанных условиях позволяет повысить селективность образования гидропероксида этилбензола, снизить содержание карбоновых кислот в получаемом оксидате.

Пример 1. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют лабораторной установке, снабженной обратными водяными и углекислотными холодильниками, системами дозирования и терморегулирования, при температуре 130°C и объемной скорости подачи воздуха 250 ч⁻¹. Этилбензол подают со скоростью 4 моль/ч. В подаваемом на окисление этилбензоле содержится катализатор, состоящий из 0,00001 мас.% бензоата железа в расчете на металл, и 0,003 мас.% смеси гидроокиси и карбоната натрия в расчете на натрий. — При этом соотношение Na/Fe составляет 300 г/г, концентрация катализатора в расчете на металлы 0,00301 мас.%.

На выходе из реактора окисления получают окисленный этилбензол, содержащий 0,2953 моль/ч ГПЭБ и 0,0031 моль/ч, кислот в пересчете на бензойную кислоту (БК) и 0,0247 моль/ч остальных побочных продуктов - в основном ацетофенон, метилфенилкарбонил, бензальдегид. Гидроперекись этилбензола определялась иодометрическим титрованием, состав органической части оксидата - газожидкостной хроматографией, кислоты - титрованием спиртовым раствором щелочи с метилоранжевым в среде ацетона.

Конверсия этилбензола составляет 8,1%. Выход ГПЭБ и БК на прореагировавший этилбензол 91,11 и 0,96 мол. %

соответственно.

Пример 2. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют на лабораторной установке, описанной в примере 1, при 110°C и объемной скорости подачи воздуха 250 ч⁻¹. Для окисления используют этилбензол, содержащий катализатор, состоящий из 0,0003 мас.% оксинолина, 0,00001 мас.% фталата марганца в расчете на металл, 0,003 мас.% стеарата кальция в расчете на кальций. Соотношение Ca/Mn составляло при этом 300 г/г, концентрация катализатора 0,00301 мас.% в расчете на металлы. Этилбензол подают в реактор окисления со скоростью 4 моль/ч.

На выходе из реактора получают окисленный этилбензол, содержащий 0,345 моль/ч ГПЭБ, 0,0019 моль/ч кислот в пересчете на БК и 0,0451 моль/ч остальных побочных продуктов.

Конверсия этилбензола составляет 9,8%. Выход ГПЭБ и БК на прореагировавший этилбензол 88 и 0,49 мол.%. соответственно.

Пример 3. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 1. В зону реакции вводят этилбензол, содержащий катализатор, состоящий из 0,0005 мас.% ацетилацетоната железа в расчете на металл, 0,00001 мас.% фенолята калия в расчете на металл и 0,0002 мас.% 2,6-дитретбутил-4-диметиламинометилфенол а (основание Манниха). При этом соотношение К/Fe составляет 1:50 г/г, концентрация катализатора 0,00051 мас.% в расчете на металлы. Шихта, подаваемая на окисление, перед подачей в реактор выдерживается при 130°C в течение 1 мин.

На выходе из реактора получают окисленный этилбензол, содержащий 0,3326 моль/ч ГПЭБ. Конверсия этилбензола составляет 9,3%. Выход ГПЭБ прореагировавший этилбензол 89,4 мол.%.

Пример 4. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 1. В зону реакции вводят этилбензол, содержащий в виде суспензии смеси 0,0001 мас.% окиси никеля в расчете на металл, 0,00001 мас.% этилата магния в расчете на металл и 0,05 мас.% перекиси водорода. При этом соотношение Mg/Ni составляет 1:10 г/г, концентрация катализатора 0,00011 мас.% в расчете на металлы. Перед подачей в реактор окисления этилбензол, содержащий пероксид водорода и соединения металлов, нагревают до температуры 100°C и выдерживают при этой температуре 15 с.

На выходе из реактора получают окисленный этилбензол, содержащий 0,324 моль/ч ГПЭБ.

Конверсия этилбензола составляет 8,1%. Выход ГПЭБ на прореагировавший этилбензол 90,3 мол.%.

Пример 5. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 1.

В зону реакции вводят этилбензол, содержащий суспензию 0,0001 мас.% сульфата натрия и 0,0005 мас.% нитрата кобальта в расчете на металл. Соотношение Na/Co 1:5 г/г, концентрация катализатора 0,0006 мас.% в расчете на металлы. Приготовленную суспензию соединений натрия и кобальта в воде предварительно перед вводом в реактор обрабатывают при температуре 150°C кислородом воздуха в

течение 8 мин.

На выходе из установки получают окисленный этилбензол, содержащий 0,353 моль/ч ГПЭБ.

Конверсия этилбензола составляет 9,7%. Выход ГПЭБ на прореагировавший этилбензол 91,02 мол.%.

Пример 6. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют на лабораторной установке по примеру 1 согласно предлагаемому способу при 150°C и объемной скорости подачи воздуха 100 ч⁻¹. Этилбензол и катализатор, содержащий растворенные соединения железа в количестве 0,0001 мас.% в расчете на металл, полученные на основе триметиллитовой кислоты, и 0,0005 мас.% в расчете на металл производного, полученного на основе КОН и бензол-1,2,3,4,5-тетракарбоновой (пиромеллитовой) кислоты, подают со скоростью 4 моль/ч. Соотношение между К/Fe равно 5:1 г/г, концентрация катализатора 0,0006 мас.% в расчете на металлы.

На выходе из установки получают окисленный этилбензол, содержащий 0,56 моль/ч ГПЭБ.

Конверсия этилбензола составляет 15%. Выход ГПЭБ на прореагировавший этилбензол 92,1 мол.%.

Пример 7. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 6. В зону реакции вводят этилбензол, катализатор, содержащий 0,0006 мас.% в расчете на реакционную массу смеси адипинатов кальция и железа концентрацией 0,0005 и 0,0001 мас.% в расчете на металл соответственно, взятых в весовом соотношении Ca/Fe, равном 5:1, и содержащий также 0,001 мас.% метилфенилкарбинола, 0,01 мас.% ацетофенона и 0,015 мас.% гидроперекиси этилбензола. Этилбензол такого состава подают на окисление при 150°C.

На выходе из установки получают окисленный этилбензол, содержащий 0,572 моль/ч ГПЭБ.

Конверсия этилбензола составляет 15,3%. Выход ГПЭБ на прореагировавший этилбензол 93,2 мол.%.

Пример 8. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 6. В зону реакции вводят этилбензол, содержащий в качестве катализатора 0,005 мас.% метилфенилкарбинола, 0,005 мас.% ацетофенона, 0,005 мас.% гидроперекиси этилбензола, 0,005 мас.% перекиси водорода и 0,001 мас.% смеси резинатов калия, кальция, магния и марганца, взятых в весовом соотношении (К + Са + Mg)/Mn, равном 12:1. Этилбензол, содержащий катализатор, перед подачей в реактор окисления подогревается до 150°C и выдерживается при этой температуре в течение 10 мин.

На выходе из реактора получают окисленный этилбензол, содержащий 0,55 моль/ч ГПЭБ.

Конверсия этилбензола составляет 14,8%. Выход ГПЭБ на прореагировавший этилбензол 92,7 мол.%.

Пример 9. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 6. В зону реакции вводят эмульсию катализатора, состоящую из этилбензола, содержащего 0,01 мас.%

метилфенилкарбинола, 0,005 мас.% ацетофенола и 0,08 мас.% гидроперекиси этилбензола и 0,0009 мас.% в расчете на металл смеси гликолята натрия и кальция и гексагидрофталатов железа и марганца в триэтиленгликоле, взятых в весовом соотношении $(Na+Ca)/(Fe+Mn)$, равном 6:1.

На выходе из реактора окисления получают окисленный этилбензол, содержащий 0,605 моль/ч ГПЭБ.

Конверсия этилбензола составляет 16,1%. Выход ГПЭБ на прореагировавший этилбензол 93,8 мол.%.

Пример 10. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 6. В зону реакции вводят этилбензол и катализатор, содержащий 0,0009 мас.% смеси соединений нитрита натрия, бензоатов кальция и железа, а также хлорида марганца, взятых в весовом соотношении в расчете на металл $(Na+Ca)/(Fe+Mn)$, равном 6: 1, и содержащем также 0,01 мас.% метилфенилкарбинола, 0,005 мас.% ацетофенона и 0,008 мас.% гидроперекиси этилбензола. В эту смесь перед вводом в реактор вводится также 0,0001 мас.% оксихинолина.

На выходе из реактора получают окисленный этилбензол, содержащий 0,57 моль/ч ГПЭБ.

Конверсия этилбензола составляет 15,41%. Выход ГПЭБ на прореагировавший этилбензол 92,5 мол.%.

Пример 11. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 6. В зону реакции вводят этилбензол, содержащий 0,001 мас.% в расчете на реакционную массу смеси гликолята натрия и фенолята железа, взятых в весовом соотношении Na/Fe , равном 1:100. В шихту на окисление, содержащую смесь соединений металлов постоянной и переменной валентности, вводят окисленный этилбензол, содержащий 25 мас.% гидроперекиси и 0,0001 мас.% диэтилгидроксиламина. Смешение растворов производят при 100°C в течение 1 мин. Содержание гидроперекиси этилбензола в полученной шихте на окисление 0,5 мас.%.

На выходе из реактора окисления получают окисленный этилбензол, содержащий 0,56 моль/ч ГПЭБ.

Конверсия этилбензола составляет 15,23%. Выход ГПЭБ на прореагировавший этилбензол 91,8 мол.%.

Пример 12. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 6. В зону реакции вводят в качестве катализатора 0,0025 мас.% в расчете на реакционную массу смеси сульфида натрия и оксихинолята железа, взятых в весовом соотношении Na/Fe , равном 100:1, в виде раствора в этилбензоле, подаваемом на окисление. Раствор оксихинолята железа и сульфида натрия в этилбензоле перед их введением в шихту на окисление обрабатывают озоном при 25°C в течение 5 мин.

На выходе из реактора получают окисленный этилбензол, содержащий 0,62 моль/ч ГПЭБ, 0,0035 моль/ч кислот в пересчете на БК и 0,022 моль/ч остальных побочных продуктов.

Конверсия этилбензола составляет 15,63%. Выход ГПЭБ и БК на прореагировавший этилбензол 95,8 и 0,48

мол.% соответственно.

Пример 13. Окислени этилбензола кислородом воздуха осуществляют в каскаде из пяти реакторов при температуре 150°C, подаче этилбензола 4 моль/ч и объемной скорости подачи воздуха 100 ч⁻¹.

В зону реакции первого реактора вводят этилбензол, содержащий 0,0005 мас.% в расчете на реакционную массу смеси бензоата в фенолятов натрия и железа, взятых в весовом соотношении Na/Fe , равном 50:1. В раствор соединений железа и натрия в этилбензоле перед их введением в шихту на окисление вводят основание Манниха в количестве 0,0001 мас.% при 30°C. В остальные реакторы каскада дополнительно вводят по 1 мас.% этилбензольной шихты, содержащей компоненты катализатора.

На выходе из последнего реактора каскада получают окисленный этилбензол, содержащий 0,62 моль/ч ГПЭБ, 0,0035 моль/ч кислот в пересчете на БК и 0,022 моль/ч остальных побочных продуктов.

Конверсия этилбензола составляет 15,63%. Выход ГПЭБ и БК на прореагировавший этилбензол 95,8 и 0,48 мол.% соответственно.

Пример 14. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 13. В раствор соединений железа и натрия в этилбензоле перед их введением в шихту на окисление вводят смесь основания Манниха и этилгидроксиламина в количестве 0,00015 мас.%, предварительно обработанную смесью, содержащей 25 мас.% гидроперекиси этилбензола и 2 мас.% перекиси водорода, при 50°C в течение 20 мин. В остальные реакторы каскада дополнительно вводят по 1 мас.% этилбензольной шихты, содержащей компоненты катализатора.

На выходе из последнего реактора каскада получают окисленный этилбензол, содержащий 0,58 моль/ч ГПЭБ. Конверсия этилбензола составляет 15,63%. Выход ГПЭБ и БК на прореагировавший этилбензол 92,73 мол.%.

Пример 15. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют в каскаде из трех реакторов по методике примера 13. В раствор соединений железа и натрия в этилбензоле перед их введением в шихту на окисление вводят смесь основания Манниха и оксихинолина в количестве 0,00015 мас.%, предварительно обработанную смесью, содержащей 25 мас.% гидроперекиси этилбензола, по 2 мас.% ацетофенона и метилфенилкарбинола, 0,4 мас.% бензойной кислоты, 0,02 мас.% фенола и 0,1 мас.% бензальдегида при 0°C в течение 40 мин. В остальные реакторы каскада дополнительно вводят по 1 мас.% этилбензольной шихты, содержащей компоненты катализатора.

На выходе из последнего реактора каскада получают окисленный этилбензол, содержащий 0,57 моль/ч ГПЭБ.

Конверсия этилбензола составляет 15,9%. Выход ГПЭБ на прореагировавший этилбензол 92,1% мол.

Пример 16. Окисление этилбензола кислородом воздуха осуществляют как в примере 6. В зону реакции вводят шихту, состоящую из этилбензола, содержащего 0,01 мас.% метилфенилкарбинола, 0,003 мас.% ацетофенона и 0,005 мас.% гидроперекиси

этилбензола, и 0,0008 мас.% в расчете на металл смеси бензоата и формиатов натрия и железа, взятых в весовом соотношении Na/Fe, равном 7:1. Весь катализатор вводится с потоком возвратного этилбензола, поступающего на узел приготовления шихты со стадий укрепления окисленного этилбензола и разделения эпоксида. Количество возвратного этилбензола в этилбензольной шихте составляет 80%.

Окисление проводят при 160 °C.

На выходе из реактора окисления получают окисленный этилбензол, содержащий 0,602 моль/ч ГПЭБ.

Конверсия этилбензола составляет 16%. Выход ГПЭБ на прореагировавший этилбензол 91,2 мол. %.

Использование в процессе получения ГПЭБ предлагаемого катализатора в количестве 0,0001-0,0031 мас.% в расчете на реакционную массу позволяет получить окисленный этилбензол, содержащий до 16 мас.% ГПЭБ с селективностью образования ГПЭБ до 96 мол. %.

Формула изобретения:

1. Способ получения гидропероксида этилбензола жидкофазным каталитическим окислением этилбензола кислородсодержащим газом при повышенной температуре, отличающийся тем, что в качестве катализатора используют смесь

соединений металлов постоянной валентности 1а и/или 2а групп 3-го и/или 4-го периодов и переменной валентности 7в и/или 8в групп 4-го периода Периодической системы Менделеева, взятых в суммарном количестве в расчете на металл 0,0001-0,0031 мас. % при суммарном весовом соотношении металлов постоянной валентности к металлам переменной валентности равном 300-1 : 1-100.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют катализатор, предварительно обработанный при температуре 0-150 °C кислород- и/или азотсодержащим органическим соединением, и/или перекисным соединением, и/или кислородом, и/или озоном.

3. Способ по пп.1 и 2, отличающийся тем, что в качестве кислородсодержащих органических соединений используют органическую гидроперекись, кетон, спирт, карбоновую кислоту или их смесь, а в качестве азотсодержащего органического соединения используют основание Манниха, оксихинолин-, алкил-, диалкилгидроксиламин или их смеси.

4. Способ по пп.1-3, отличающийся тем, что окисление проводят в каскаде из 3-5 реакторов при температуре 110-160 °C.

5. Способ по пп.1-4, отличающийся тем, что катализатор вводят в реактор с возвратным этилбензолом.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

-6-